

溶接条件の適正化と溶接材料の特性に関する調査研究

(その2. 重回帰分析)

溶接材料 品質管理
パス間温度 入熱

正会員 ○ 倉持 貢*1 加賀美 安男*2
石原 完爾*3 津山 巖*4

1. まえがき

試験体数 144 体の機械試験で得られたデータを用いて新たな重回帰分析を試み、溶接部の品質性能に及ぼす影響因子を明示し、同時にその設定と管理方法を提案する。

2. 重回帰分析内容と手順

重回帰分析の内容と手順は、以下に示す通りである。
①既往の研究の有効性及び問題点を検証した後、12 変数 (10 個の化学成分 (C, Si, Mn, P, S, Mo, Al, Ti, B, N) + 入熱 (Hmax) + パス間温度 (Pmax)) を用いた重回帰分析を行い、溶接部の降伏点 (Yp) 引張強さ (Ts) 溶着金属部の衝撃値 (Cd) への影響因子を明示し、上位因子を絞り込む。

②上位因子のみによる重回帰分析を再度行い、溶接部の Yp, Ts, Cd に対して、(1) 式で示される推定式を構築する。

$$Yp(Ts, Cd) = a \cdot Pmax + b \cdot Hmax + c \cdot C + d \cdot Si \cdot c \quad (1)$$

③上記の推定式に対応した線図を描き、要求品質に応じた溶接施工条件の組合せを明らかにする。

3. 重回帰分析結果

3.1 12 変数を用いた重回帰分析

12 変数を用いた重回帰分析結果は以下の通りである。

①Yp に対する主な影響因子は、Pmax, Mo, Hmax, Mn, Ti, C である。入熱 (Hmax) とパス間温度 (Pmax) 等の溶接施工条件は、何れも説明変数の上位にある。

②Ts に対する主な影響因子は、Mo, Pmax, Mn, Si, Ti, Hmax である。Mo, Mn, Si 等の含有量が Ts に大きく影響しているが、入熱 (Hmax) は 12 変数中 6 番目と低位である。

③Cd に対する主な影響因子は、Mo, N, Si, Hmax, P, Ti であり、降伏点や引張強さの影響因子とは全く異なる。特に N が上位で、Pmax が低位 (11 番目) なことが注目される。

3.2 上位 6 変数を用いた推定式の構築

上位 6 変数を用いて再度重回帰分析を行い、(1) 式で示される推定式を構築した結果が表 1 である。尚、YGW11, 18, 21 の成分形態は Si-Mn-Ti 系 (7 社の YGW11 と C, D 社の YGW18) と Si-Mn-Mo 系 (6 社の YGW21 と A, B, H 社の YGW18) に大別できることから 2 系統とした。

溶接部の降伏点・引張強さ・衝撃値は何れも 4 つの化学成分と 2 つの施工条件 (Hmax, Pmax, N の何れか 2 つ) とを説明変数とする重回帰式により表すことができる。構

築された Yp, Ts 及び Cd の推定式は溶材メーカーやワイヤの種類毎に構築するよりもワイヤの成分形態毎に構築する方がより簡素化され、かつ合理的であると言える。重回帰式による推定値と実測値との相関を図 1 に示す。Cd の推定精度は十分ではないが、Yp, Ts はともに従来式による結果よりも良い精度で実測値と一致している。

1. 要求性能の推定式

ワイヤ成分形態	要求性能の推定式
Si-Mn-Ti 系	$Yp = -0.2102 Pmax - 1.6555 Hmax + 81.0 Mn + 889.4 Ti + 98.1 Si + 780.3 C + 289 \quad (R=0.9416)$ $Ts = -0.1559 Pmax + 114.6 Si + 758.5 Ti + 60.3 Mn - 1.1153 Hmax + 790.2 C + 385 \quad (R=0.9348)$ $Cd = -6093.4 N - 241.0 Si + 14972.4 B - 1.2822 Hmax - 3163.1 P + 69.1 Ti + 361 \quad (R=0.7591)$
Si-Mn-Mo 系	$Yp = -0.4196 Pmax + 302.5 Mo + 148.5 Mn - 1.9986 Hmax + 1182.6 Ti + 945.4 C + 278 \quad (R=0.9662)$ $Ts = -0.1828 Pmax + 324.6 Mo + 141.6 Mn + 143.1 Si + 529.7 Ti - 0.5427 Hmax + 315 \quad (R=0.9275)$ $Cd = -2.2796 Hmax - 124.0 Si - 2875.6 N - 3417.7 P - 135.0 Mo - 109.2 Ti + 341 \quad (R=0.8339)$

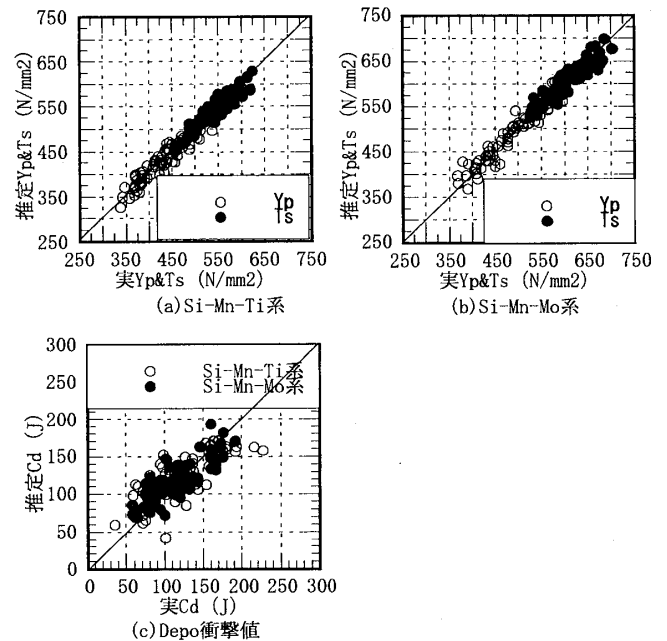


図 1. 重回帰式による推定精度

3.3 PH 線図及び NH 線図

各溶材メーカー及びワイヤの種類毎に構築した推定式をもと

Study on Influences of Welding Conditions for Mechanical Properties of Weld Metals in Steel Structures (Part 2 Multiple Regression Analysis)

KURAMOCHI Mitsugu et al.

に所要要求性能 (Y_p , T_s , C_d) を満足する入熱 (H_{max}) とパス間温度 (P_{max}) 又は N 含有量との関係を図示したものが図 2～図 3 である。尚、作図に先立ち表 1 の推定式は溶接金属部の化学成分の項に代表値 (ワイヤの種類・メーカー別の平均値) を代入し、溶接施工条件のみの形に変形している。PH 線図及び NH 線図から、溶材メーカー間に存在する性能の差異が読取れる。また各溶接ワイヤの特性に応じた溶接施工条件の設定が容易に可能である。

4. 重回帰分析結果のまとめ

重回帰分析の結果から、ワイヤの種類毎に適用限界を示したものが表 2 である。

5. あとがき

鉄骨溶接部に要求される強度と大きな塑性変形能力を確保するためには、MAG 溶接の施工条件を適正に設定・管理することが重要である。しかし、入熱・パス間温度のみが溶接金属の降伏点・引張強さ・衝撃値等を一様に低下させる因子でないことが判明した。特に、シャルピー衝撃値には入熱等の他に N 含有量が無視できない。また溶接施工条件のみを厳しくしても適正な要求品質性能を確保できるものではなく、溶接金属の機械的性質を左右するワイヤの化学成分等は更に改善を要する事項と考えられる。

最後にご協力を頂いた関係者各位に謝意を表します。

【参考文献】

- (1) 中込他：様々な溶接条件で施工された溶接金属の機械的性質に関する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集、2000.9

表 5. 重回帰分析結果に基づく溶接ワイヤの適用限界

ワイヤ種類	適用鋼材	全メーカー共通の適用限界	各メーカー別の適用限界	
YGW11	400N 鋼	40KJ/cm 以下 450℃以下	A, B, C, D E, F, G	40KJ/cm 以下 450℃以下
			D, E	40KJ/cm 以下 450℃以下
	490N 鋼	35KJ/cm 以下 300℃以下	F, G	35KJ/cm 以下 450℃以下
			C	30KJ/cm 以下 450℃以下
			B	35KJ/cm 以下 350℃以下
			A	35KJ/cm 以下 300℃以下
YGW18	490N 鋼	40KJ/cm 以下 350℃以下	A, B, C, H	40KJ/cm 以下 450℃以下
			D	40KJ/cm 以下 350℃以下
	520N 鋼	25KJ/cm 以下 300℃以下	A, B	40KJ/cm 以下 450℃以下
			H	30KJ/cm 以下 400℃以下
			C	30KJ/cm 以下 350℃以下
			D	25KJ/cm 以下 300℃以下
YGW21	520N 鋼	40KJ/cm 以下 450℃以下	A, B, C, D E, G	40KJ/cm 以下 450℃以下
			B	35KJ/cm 以下 450℃以下
	590N 鋼	25KJ/cm 以下 300℃以下	E	30KJ/cm 以下 450℃以下
			A, G	40KJ/cm 以下 300℃以下
			C	30KJ/cm 以下 300℃以下
			D	25KJ/cm 以下 300℃以下

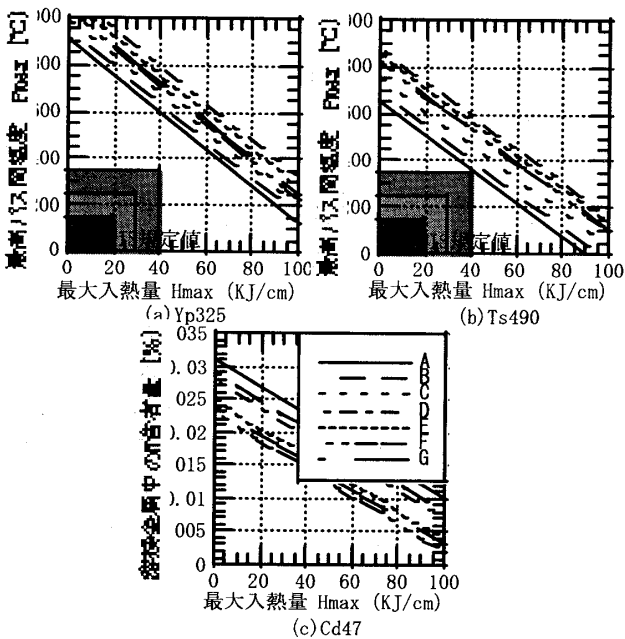


図 2. PH線図, NH線図 (YGW11)

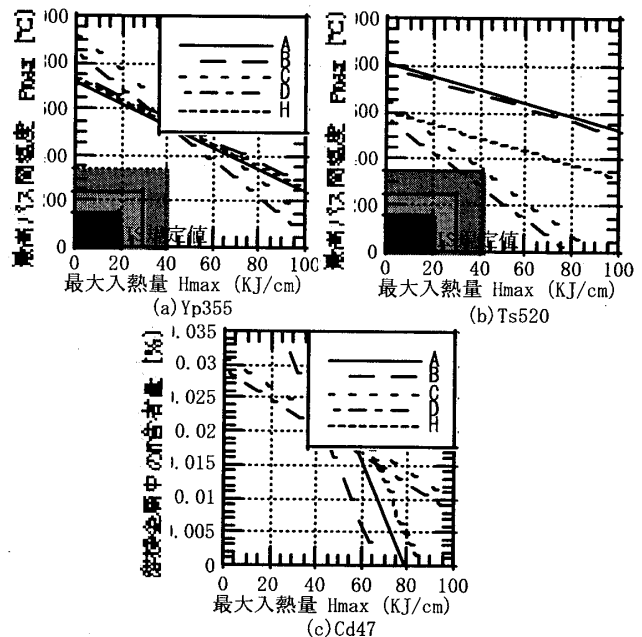


図 3. PH線図, NH線図 (YGW18)

*1 清水建設 建築本部 技術部
*2*4 日建設計 構造設計室
*3 NTT 都市開発 事業企画本部

Construction Technology Dep., SHIMIZU Corporation
Structural Dep., NIKKEN SEKKEI Ltd.
Business Planning Bureau Dep., NTT Urban Development Corp.